不同蛋白质源组合对保育猪生长性能及血清生化指标的影响[1]

李运虎[1] 廖 鹏[2] 唐 威[3] 方热军[4] 邓灶福[1] 李 微[1] 李美君[1*]

(1.湖南生物机电职业技术学院动物科技学院，长沙 410127；2.中国科学院亚热带农业生态研究所，长沙 410125；3.湖南天心伍零贰畜牧有限责任公司，株洲 412307；4.湖南农业大学动物科技学院，长沙 410128)

摘 要：本试验将鱼粉、血浆蛋白粉、酵母粉、肠膜蛋白粉按一定比例组合添加到饲粮中，旨在对比研究不同蛋白质源组合对保育猪生长性能及血清生化指标的影响。选用初始体重为(6.36±0.20) kg 的“杜×长×大”三元杂交保育猪 108 头，随机分为 3 组，每组 6 个重复，每个重复 6 头猪。3 组保育猪分别饲喂含 1.5%血浆蛋白粉+2.0%鱼粉(A 组，作为对照组)、3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉(B 组)、2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉(C 组)的饲粮，预试期 3 d，正试期 14 d。结果表明：1）B 组的平均日采食量和平均日增重均显著低于 A 组和 C 组(P<0.05)，与 A 组相比，C 组的平均日采食量和平均日增重分别提高 1.76%和 8.13%，但差异不显著(P>0.05)；在料重比方面，B 组和 C 组与对照组 A 相比差异均不显著(P>0.05)，但 C 组显著低于 B 组(P<0.05)。2）血清总蛋白、白蛋白、球蛋白、尿素氮含量与白球比以及谷丙转氨酶和谷草转氨酶活性 3 组间无显著差异(P>0.05)。3）与 A 组相比，B 组钱重比增加 13.47%(P>0.05)，C 组钱重比降低 5.22%(P>0.05)。由此可见，2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉组合在提高保育猪生长性能、经济效益方面效果最好，1.5%血浆蛋白粉+2.0%鱼粉组合效果次之，而 3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉组合相比之下效果较差。

关键词：蛋白质源；组合；保育猪；生长性能；血清生化指标

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

保育猪的生理功能发育不完善，抗病能力和适应环境能力差，选择优质的饲料蛋白质源对保育猪的生长和健康具有极其重要的作用[1-2]。动物性和单细胞蛋白质源中蛋白质含量高、氨基酸丰富且平衡，富含微量元素、维生素、营养小肽（如肠膜蛋白粉、酵母粉等）、免疫

收稿日期：2017-09-22

基金项目：湖南省高等学校科学研究一般项目（16C0808）；国家自然基金青年基金项目（31402088）

作者简介：李运虎（1982-），男，湖南永兴人，高级畜牧师，硕士研究生，主要从事单胃动物营养研究。E-mail: 86512368@qq.com

*通信作者：李美君，硕士，E-mail: 601619178@qq.com

球蛋白（如血浆蛋白粉等）、核苷酸（如酵母粉等）、未知促生长因子（如鱼粉等）等多种营养元素，不含抗营养因子，相对植物性蛋白质源具有更高营养价值[3-4]。目前，动物性和单细胞蛋白质源在仔猪早期断奶营养中的应用取得了较好进展，已开发应用了以鱼类为原料，经去油、脱水、粉碎等加工制成的饲用鱼粉；以动物血液为原料，分离出血浆部分，经喷雾干燥加工而成的饲用血浆蛋白粉；以猪小肠为单一来源（防交叉感染），经蛋白酶水解和特殊酶解、高温灭菌和特殊条件干燥等加工制成的饲用肠膜蛋白粉；以特异酵母菌为原料，采用高效破壁和多联酶解等高新技术提纯精制而成的饲用酵母粉；等等。这些动物性和单细胞蛋白质源在实际生产应用中对提高仔猪蛋白质利用率和免疫力、降低腹泻率、缓解断奶应激等具有良好效果[5]。但受资源短缺（如鱼粉等）、原料来源、加工工艺、生物安全（如肠膜蛋白粉、血浆蛋白粉等）等因素影响，它们的价格昂贵且波动幅度大且营养价值各有优缺点。为更好发挥应用价值和提高可利用效果，有一些学者对不同蛋白质源相互替代及搭配组合进行了研究，不同蛋白质源间有可替代性，按一定比例组合相对单一蛋白质源具有组合效应，能较好改善断奶仔猪的生长性能[6-10]。为此，本课题组在完成不同动物性和单细胞蛋白质源（3%鱼粉、2%肠膜蛋白粉、3%酵母粉、3%血浆蛋白粉）单独添加对保育猪生长性能影响的研究[11]的基础上，将上述不同蛋白质源按照一定比例搭配组合进一步进行试验，探讨不同蛋白质源组合对保育猪生长性能及血清生化指标的影响，为了解不同蛋白质源的组合效应提供参考，并筛选性价比高的组合，作为替代鱼粉等高价位蛋白质源的有效途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

血浆蛋白粉，购于潍坊市普润生物科技有限公司，主要营养成分：粗蛋白质≥70%，粗灰分≤12%，水分≤10%，可溶性氧化物≤5%，免疫球蛋白≥16%。鱼粉，购于秘鲁，为普通蒸汽级别鱼粉，主要营养成分：粗蛋白质≥68%，粗灰分≤16%，粗脂肪≤10%，水分≤10%，盐/砂≤4%，游离脂肪酸≤7.58%；酵母粉，购于安琪酵母股份有限公司，主要营养成分：甘露寡糖≥15%，β–葡糖糖≥25%，粗蛋白质35%～45%，粗脂肪2%～4%，粗纤维0.5%～0.8%，谷胱甘肽≥0.3%，水分≤8%；肠膜蛋白粉，购于北京中科景明生物技术有限公司，主要营养成分：粗蛋白质≥50%，蛋氨酸≥1.1%，赖氨酸≥3.2%，苏氨酸≥2.0%，色氨酸≥0.3%，粗灰分≤18%。

1.2 试验设计

采用单因素试验设计，选用健康、初始体重为（6.36±0.20） kg 的“杜×长×大”28 日龄断奶三元杂交保育猪 108 头，按饲粮蛋白质源随机分为 3 组，每组 6 个重复，每个重复 6 头保育猪：A 组（对照组）饲粮含 1.5%血浆蛋白粉+2.0%鱼粉，B、C 组（试验组）饲粮分别含 3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉、2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉。

1.3 饲养管理

饲养试验在湖南天心伍零贰畜牧有限责任公司进行。试验前 1 周对圈舍进行消毒。保育猪饲养于封闭栏舍内，加料前称重并记录。各料槽根据采食量适时添加，保持不空槽。每日对圈舍清扫 2 次，仔猪免疫、驱虫等按猪场常规程序进行。预试期 3 d，正试期 14 d。

1.4 试验饲粮

试验饲粮参照 NRC(2012)5～10 kg 仔猪营养需要配制，消化能均为 14.66 MJ/kg 左右，粗蛋白质含量均为 19%左右。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	组别 Groups		
原料 Ingredients	A	B	C
膨化全脂大豆 Extruded full-fat soybean	9.00	9.00	9.00
发酵豆粕 Fermented soybean meal	5.00	5.00	5.00
豆粕 Soybean meal	12.50	7.00	10.50
乳清粉 Whey powder	8.00	8.00	8.00
膨化玉米 Extruded corn	10.00	10.00	10.00
玉米 Corn	40.32	42.52	40.30
豆油 Soybean oil	2.00	1.30	1.70
磷酸二氢钙 $Ca(H_2PO_4)_2$	0.90	0.40	0.70
无水柠檬酸 Anhydrous citric acid	1.00	1.00	1.00
氯化胆碱 Choline chloride(50%)	0.10	0.10	0.10
鱼粉 Fish meal	2.00	5.00	2.00
肠膜蛋白粉 DPS	0.00	3.00	2.00
酵母粉 YE	0.00	0.00	2.00
血浆蛋白粉 SDPP	1.50	0.00	0.00
蔗糖 Sucrose	2.00	2.00	2.00
L-赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.50	0.50	0.53
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.22	0.21	0.24
L-苏氨酸 *L*-Thr	0.21	0.20	0.20

L-色氨酸 *L*-Try	0.05	0.07	0.03
预混料 Premix[1)]	4.70	4.70	4.70
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
消化能 DE/(MJ/kg)	14.66	14.66	14.66
粗蛋白质 CP	19.01	19.05	19.04
赖氨酸 Lys	1.42	1.42	1.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.83	0.83	0.83
苏氨酸 Thr	0.94	0.92	0.92
色氨酸 Trp	0.26	0.26	0.25
乳糖 Lactose	6.40	6.40	6.40
钙 Ca	0.64	0.66	0.62
总磷 TP	0.60	0.58	0.60
食盐 NaCl	0.66	0.84	0.70
价格 Price/（元/t）	4 990.0	4 919.0	5 027.0

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 5 600 IU，VD_3 500 IU，VE 66 IU，VB_{12} 28 μg；VB_2 5 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 12.5 mg，烟酸 nicotinic acid 30 mg，Mn 100 mg，Zn 100 mg，Fe 100 mg，Cu 150 mg，I 0.20 mg，Se 0.25 mg。

[2)]粗蛋白质、钙、总磷为测定值，其他为计算值。CP，Ca and TP were measured values, while the others were calculated values.

1.5 检测指标及方法

1.5.1 生长性能指标

平均日采食量(ADFI)：记录每天每栏试验猪的投料量及剩余量，两者之差为实际采食量。实际采食量除以试验天数为平均日采食量。

平均日增重(ADG)：平均每头仔猪增重除以试验天数。

料重比(F/G)：平均日采食量除以平均日增重。

1.5.2 血清生化指标

试验结束时，分别从各重复中选 2 头体况正常的保育猪进行前腔静脉采血，分离出血清，置于-20 ℃下冷冻保存，在湖南省人民医院马王堆院区化验科测定血清总蛋白(TP)、白

蛋白(ALB)、球蛋白(GLB)、尿素氮(UN)含量以及谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)活性，并计算白球比(ALB/GLB)。

1.5.3 经济效益分析

根据饲料成本和料重比计算钱重比，计算公式如下：

钱重比(M/G)=饲料成本×料重比。

1.6 数据统计分析

试验数据采用 SPSS 21.0 统计软件中的单因素方差分析（one-way ANOVA）程序进行方差分析，用 Duncan 氏法进行多重比较，P<0.05 为差异显著。试验结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同蛋白质源组合对保育猪生长性能的影响

由表 2 可知，在平均日采食量方面，与 A 组相比，B 组降低 16.09%，差异显著(P<0.05)，C 组提高 1.76%，差异不显著(P>0.05)；在平均日增重方面，B 组较 A 组降低 26.98%，差异显著(P<0.05)，C 组与 A 组相比差异不显著(P>0.05)；在料重比方面，B、C 组与 A 组相比差异均不显著(P>0.05)。此外，C 组的平均日采食量和平均日增重显著高于 B 组(P<0.05)，料重比显著低于 B 组(P<0.05)。

表 2 不同蛋白质源组合对保育猪生长性能的影响

Table 2 Effects of different protein source combinations on growth performance of nursery piglets

项目 Items	组别 Groups A	B	C
始重 IBW/kg	6.40±0.06	6.32±0.03	6.38±0.03
末重 FBW/kg	9.48±0.21^{b}	8.38±0.09^{a}	9.37±0.16^{b}
平均日采食量 ADFI/g	239.29±10.30^{b}	200.79±15.92^{a}	243.51±4.89^{b}
平均日增重 ADG/g	201.08±12.54^{b}	146.83±7.97^{a}	217.42±8.76^{b}
料重比 F/G	1.19±0.04^{ab}	1.37±0.12^{a}	1.12±0.04^{b}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05)，相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference(P>0.05).

The same as below.

2.2 不同蛋白质源组合对保育猪血清生化指标的影响

由表 3 可知，B、C 组血清中 TP、ALB、GLB 含量及 ALB/GLB 与 A 组相比差异均不显著（P＞0.05）。与 A 组相比，B、C 组血清中 UN 含量分别降低 19.25%和 15.72%，但差异均不显著（P＞0.05）。B、C 组血清中 ALT、AST 活性略低于对照组，差异均不显著（P＞0.05）。此外，B、C 组之间各血清生化指标均差异不显著（P＞0.05）。

表 3 不同蛋白质源组合对保育猪血清生化指标的影响

Table 3 Effects of different protein source combinations on serum biochemical indices of nursery piglets

项目	组别 Groups		
Items	A	B	C
总蛋白 TP/(g/L)	46.85±2.39	42.95±2.41	43.56±2.34
白蛋白 ALB/(g/L)	26.96±1.42	24.92±1.95	23.56±2.01
球蛋白 GLB/(g/L)	20.58±1.16	18.46±1.48	18.12±2.76
白球比 ALB/GLB	1.31±0.28	1.35±0.08	1.30±0.14
尿素氮 UN/(mmol/mL)	5.08±0.65	4.26±0.35	4.39±0.54
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	60.75±6.25	57.46±7.38	54.29±5.47
谷草转氨酶 AST/(U/L)	42.85±1.49	31.25±4.48	41.12±3.76

2.3 经济效益分析

由表 4 可知，与 A 组相比，B 组钱重比增加 13.47%(P＞0.05)，C 组钱重比降低 5.22%(P＞0.05) 。此外，C 组钱重比较 B 组降低 16.47%(P＞0.05)。

表 4 经济效益分析

Table 4 Economic benefit analysis

项目	组别 Groups		
Items	A	B	C
料重比 F/G	1.19±0.04^{ab}	1.37±0.12^{a}	1.12±0.04^{b}
饲料成本 Feed cost/（元/kg）	4.99	4.92	5.03
钱重比 M/G	5.94±0.24	6.74±0.26	5.63±0.19

3 讨 论

3.1 不同蛋白质源组合对保育猪生长性能的影响

动物性和单细胞蛋白质源除蛋白质含量高和氨基酸丰富且平衡外，均有各自的营养特性。鱼粉被认为含有不明促生长因子、ω3 型脂肪酸等，是平衡畜禽饲粮的优质动物性蛋白质源，迄今应用仍十分广泛、地位举足轻重，但因渔业资源衰退，其价格高且波动大，且因其脂肪、钙、磷、盐含量高而易变质，其应用受加工工艺、贮存条件等因素影响较大。作为已开发应用的新型优质蛋白质源，血浆蛋白粉富含免疫球蛋白和大量促生长因子、干扰素、激素和溶菌酶等，其应用受生物安全、加工工艺等因素影响较大；肠膜蛋白粉富含小肽、游离氨基酸等营养元素，易被消化吸收利用、提高动物免疫力，其应用同样受生物安全、加工工艺等因素影响较大；酵母粉富含核苷酸、营养小肽、谷胱甘肽及酵母细胞壁多糖等营养成分，诱食和免疫效果较好，其应用受加工工艺、价格等因素影响较大。代建国等[12]、Murray 等[13]研究表明，鱼粉是早期断奶仔猪极有效的蛋白质源，可补充幼畜必需的ω3 型脂肪酸，改善仔猪健康，使猪患大肠杆菌引起的化脓性疾病病情减轻。Hansen 等[14]、Pierce 等[15]研究表明，血浆蛋白粉可极显著改善早期断奶仔猪的生长性能，其能改善早期断奶仔猪健康状况的作用主要归功于其含有的免疫球蛋白等生物活性物质。Boza 等[16]、王恬等[17]研究证明，肠膜蛋白粉富含小肽和游离氨基酸，易被动物吸收利用，可显著提高蛋白质的利用率，且小肽可提高免疫器官指数与血液免疫球蛋白含量，能促进仔猪肠道组织与功能发育，有效提高消化酶活性、降低腹泻率。Mathew 等[18]、任艳艳等[19]、潘树德等[20]研究显示，破壁酵母粉等酵母提取物是一种很强的鲜味剂，可增加食物的鲜味、醇厚味，掩盖一些不良味道，对动物具有极佳的诱食性、免疫性和促生长性。

不同动物性和单细胞蛋白质源按一定比例组合，相对单一蛋白质源具有组合效应，能较好地改善断奶仔猪的生长性能。王学兵等[21]用活性酵母蛋白粉替代 25%、50%、75%和 100%的进口鱼粉，对保育猪生长性能的影响均不显著，但 25%、50%酵母组的平均日增重均高于 100%酵母组和鱼粉组，25%、50%酵母组的料重比均低于 100%酵母组和鱼粉组。曾礼华[22]研究发现，用 5.83%肠膜蛋白粉、3.6%血浆蛋白粉取代 4.5%鱼粉（对照组饲粮含 8%的鱼粉）对保育猪平均日采食量和料重比的影响均不显著，但显著提高了平均日增重。Kats 等[23]报道，仔猪断奶后 0～14 d，采食含 7.5%血浆蛋白粉和 1.63%的喷雾干燥血粉的饲粮比采食任何一种单一蛋白质源饲粮都更能改善其生长性能。

不同动物性和单细胞蛋白质源按一定比例组合对保育猪生长性能影响的文献报道较少。范开[6]对 3%血浆蛋白粉+2%肠膜蛋白粉、5%全脂奶粉+4%哈姆雷特蛋白、3%哈姆雷特蛋白+15%高蛋白乳清粉组合进行对比研究后发现，3 个试验组断奶后采食量、平均日增重、料

重比的差异不显著，但以哈姆雷特蛋白和高蛋白乳清粉组合的平均日增重最大、料重比最高。杨富宇[7]对3%小麦水解蛋白+2%酵母提取物（进口）、3%大豆分离蛋白+2%酵母提取物（进口）、3%大豆分离蛋白+ 2%酵母提取物（国产）组合进行对比研究后发现，在平均日采食量、料重比方面3个试验组之间分别差异显著和不显著，在平均日增重方面小麦水解蛋白+酵母提取物（进口）组合与大豆分离蛋白+酵母提取物（进口）组合差异显著、与大豆分离蛋白+酵母提取物（国产）组合差异不显著。

本课题组在研究了3%鱼粉、2%肠膜蛋白粉、3%破壁酵母粉、3%血浆蛋白粉单独添加对保育猪生长性能影响的基础上，适当调整比例并对不同蛋白质源搭配组合，进一步探索它们的组合效应。结果表明，C组提高平均日采食量和平均日增重、降低料重比效果相对最好，A组效果次之，B组促生长效果相对最差。C组的平均日采食量和平均日增重显著高于、料重比显著低于B组，其原因可能是鱼粉、肠膜蛋白粉、酵母粉除了蛋白质含量高且氨基酸组成平衡外，还富含小肽、游离氨基酸、核苷酸、未知促生长因子等营养素，特别是酵母粉，具有很强的增香诱食效果，生物学效价更高。不同蛋白质源组合发挥组合效应的搭配组合比例区间及促生长作用机理，还需更多试验证明。

3.2　不同蛋白质源组合对保育猪血清生化指标的影响

血清TP由ALB和GLB组成，与机体组织蛋白质合成量呈正相关，血清TP含量越高，促进动物机体蛋白质合成和组织器官生长的能力越强。ALB由肝脏合成，具有维持血浆胶体渗透压恒定、营养物质运输、生成机体蛋白质等功能，是反映机体蛋白质营养不良的敏感指标。由B细胞转化为浆细胞后分泌产生，具有免疫作用，可反映血液中抗体水平和机体免疫水平。ALB/GLB是反映机体免疫状态的重要指标，该值降低说明机体免疫机能增强。

UN是蛋白质和氨基酸代谢终产物，与动物机体氮沉积率、蛋白质或氨基酸利用率呈显著负相关。肾脏是排泄UN的主要器官，血清UN含量可准确反映动物机体蛋白质代谢和氨基酸平衡状况，是评价肾功能的重要指标。

ALT和AST主要分布在动物肝脏细胞及其他组织细胞内，参与动物机体转氨基，是反映动物机体蛋白质合成与氨基酸代谢状况活性重要酶类，正常情况下它们在血液中的活性很低，当组织细胞受损或通透性增大时它们大量进入血液，临床上常以血液中ALT和AST的活性变化作为诊断肝功能的重要指标。

石秋锋等[24]研究了3%小麦水解蛋白+2%进口酵母提取物、5%酪蛋白、3%大豆分离蛋白+2%进口酵母提取物和3%大豆分离蛋白+2%国产酵母提取物替代4%血浆蛋白粉对保育猪血液生化指标的影响，结果表明，这4种蛋白质源及组合替代血浆蛋白粉后对血清TP、ALB、

GLB、ALB/GLB的影响均不显著，表明它们对机体免疫机能方面没有产生显著影响；酪蛋白替代血浆蛋白粉时血清UN含量略有增加，其余组合血清UN含量都有所降低，说明它们在蛋白质和氨基酸组成方面不但不会比血浆蛋白粉差，反而还有超越的趋势；对血清ALT和AST活性的影响亦不显著，说明它们对氨基酸代谢和蛋白质合成的影响不显著。本试验结果与其相一致，保育猪血清TP、ALB、GLB、UN含量与ALB/GLB以及ALT和AST活性在A组、B组、C组之间均无显著差异，说明本试验中的3种蛋白质源组合对保育猪免疫力、蛋白质和氨基酸组成及合成、肝脏正常发育方面的影响不存在显著差异。

3.3 经济效益分析

钱重比是衡量畜禽渔生产中投喂饲料所获取肉类产品、反映饲料报酬的经济指标，而料重比仅反映饲料质量和动物生产水平的高低，不能准确反映所用饲粮是否经济合算，但通常情况下，料重比低的饲粮往往钱重比也低，实际生产中只有同时考虑料重比和钱重比，才能更好地评价饲料报酬。

根据本试验当时的饲料价格，与1.5%血浆蛋白粉+2.0%鱼粉组(对照组)相比，3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉组和2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉组的钱重比差异不显著($P>0.05$)，但3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉组增加13.47%，2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉组降低5.22%，表明2%酵母粉+2%肠膜蛋白粉+2%鱼粉组的钱重比最低，经济效益最好。

4 结　论

综合本试验结果，2.0%酵母粉+2.0%肠膜蛋白粉+2.0%鱼粉组合在提高保育猪生长性能、经济效益方面效果最好，1.5%血浆蛋白粉+2.0%鱼粉组合效果次之，而3.0%肠膜蛋白粉+5.0%鱼粉组合相比之下效果较差。

参考文献：

[1] 苟妍,汉雪梅.饲粮蛋白源对断奶仔猪肠道健康的影响[J].中国畜牧兽医文摘,2014,30(4):181–182.

[2] EDWARDS M V,CAMPBELL R G,CHAPMAN T,et al.Spray-dried porcine plasma and yeast derived protein meal influence the adaption to weaning of primiparous and multiparous sow progeny in different ways[J].Animal Production Science,2013,53(1):75–86.

[3] TOUCHETTE K J,ALLEE G,MATTERI R,et al.Effect of spray-dried plasma and lipopolysaccharide on intestinal morphology and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis of the weaned pig[J].Journal of Animal Science,2009:77–56.

[4] PUCHALA R,PIERZYNOWSKI S G,WULIJI T,et al.Effects of small peptides or amino

acids infused to a perfused area of the skin of Angora goats on mohair growth[J].Journal of Animal Science,2002,80(4):1097–1104.

[5] 李运虎.不同蛋白源及其组合对保育猪生长性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.长沙:湖南农业大学,2015.

[6] 范开.不同蛋白源组合在乳猪教槽料中的应用研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2009.

[7] 杨富宇.不同蛋白源组合及葡萄糖添加水平对断奶仔猪生产性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2012.

[8] 戚鑫.不同蛋白源对仔猪生长性能和消化率的影响[D].硕士学位论文.郑州：河南农业大学，2008.

[9] 要秀兵,李清宏,王子荣.不同蛋白源对早期断奶仔猪生产性能及外周血液淋巴细胞数量的影响[J].新疆农业大学学报,2009,32(5):18-22.

[10] 宋国隆,李德发.不同蛋白源对于仔猪生产性能的影响**[J].**饲料与畜牧:新饲料,2000(3):8-10.

[11] 李运虎,李美君,廖鹏,等.不同蛋白源对保育猪生长性能的影响[J].饲料博览,2017(11):13–16.

[12] 代建国,李德发,朴香淑.鱼粉在猪饲料中的应用[J].中国饲料,2000,14(3):7–9.

[13] MURRAY M J,SVINGEN B A,HOLMAN R T,et al.Effects of a fish oil diet on pigs' cardiopulmonary response to bacteremia[J].Journal of Parenteral & Enteral Nutrition,1991,15(2):152–158.

[14] HANSEN J A,NELSSEN J L,GOODBAND R D,et al.Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs[J].Journal of Animal Science,1993,71(7):1853–1862.

[15] PIERCE J L,CROMWELL G L,LINDEMANN M D,et al.Effects of spray-dried animal plasma and immunoglobulins on performance of early weaned pigs[J].Journal of Animal Science,2005,83(12):2876–2885.

[16] BOZA J J,MO NNOZ D,VUICHOUD J,et al.Protein hydrolysate vs free amino acid-based diets on the nutritional recovery of the starved rat[J].European Journal of Nutrition,2000,39(6):237–243.

[17] 王恬,傅永明,吕俊龙,等.小肽营养素对断奶仔猪生产性能及小肠发育的影响[J].畜牧与

兽医,2003,35(6):4–8.

[18] MATHEW A G,CHATTIN S E,ROBBINS C M,et al.Effects of a direct-fed yeast culture on enteric microbial populations,fermentation acids,and performance of weanling pigs[J].Journal of Animal Science,1998,76(8):2138–2145.

[19] 任艳艳,张水华,李沛,等.酵母味素在蚝油生产中的应用[J].中国调味品,2003(12):13–16.

[20] 潘树德,李学俭,边连全.酵母核酸对断奶仔猪生产性能及肠道菌群影响的研究[J].中国畜牧杂志,2008,44(5):37–40.

[21] 王学兵,崔保安,魏战勇,等.酵母蛋白替代进口鱼粉对断奶仔猪生产性能的影响[J].中国农学通报,2008,24(9):18–21.

[22] 曾礼华.大豆浓缩蛋白、肠膜蛋白粉、血浆蛋白粉对早期断奶仔猪生产性能的影响[J].西南农业学报,2006,19(5):949–952.

[23] KATS L J,NELSSEN J L,TOKACH M D,et al.The effects of Spray-dried blood meal on growth performance of the early- weaned pig[J].Journal of Animal Science,1994,72(11):2860–2869.

[24] 石秋锋,桑静超,辛小召,等.不同蛋白质源组合饲粮对断奶仔猪生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2013,25(6):1199–1206.

Effects of Different Protein Source Combinations on Growth Performance and Serum Biochemical Indices of Nursery Piglets

LI Yunhu[1] LIAO Peng[2] TANG Wei[3] FANG Rejun[4] DENG Zaofu[1] LI Wei[1] LI Meijun[1*]

(1. *College of Animal Science and Technology, Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic*, *Changsha* 410127, *China*; 2. *Institute of Subtropical Agriculture*, *The Chinese Academy of Sciences*, *Changsha* 410125, *China*; 3. *Hunan Tianxin Wuling'er Animal Husbandry Co.*, *Ltd.*, *Zhuzhou* 412307, *China*; 4.*Hunan Agricultural University*, *Changsha* 410128, *China*)

Abstract: In this experiment, fish meal, spray-dried plasma protein (SDPP), yeast extract (YE) and dried porcine solubles (DPS) were added into a diet according to a certain proportion, in order to compare the effects of different protein source combinations on growth performance and serum

*Corresponding author, E-mail: 601619178@qq.com (责任编辑 菅景颖)

biochemical indices of nursery piglets. A total of 108 nursery piglets with the initial body weight of (6.36±0.20) kg were randomly divided into three groups, each group had six replicates and each replicate had 6 piglets. Piglets in group A （control group） were fed a diet containing 1.5% SDPP+2.0% fish meal, piglets in groups B and C were fed the diets containing 3.0% DPS+5.0% fish meal and 2.0% YE+2.0% DPS+2.0% fish meal, respectively. The experiment comprised 3 d-adaptation and 14 d-test. The results showed as follows: 1) the average daily feed intake and average daily gain in the group B were significantly lower than those in the groups A and C (P<0.05). The group C compared with the group A, the average daily feed intake and average daily gain were increased by 1.76% and 8.13%, but the differences were not significant (P>0.05). Feed/gain in the groups B and C had no significant difference compared with the group A (P>0.05), but it in groups C was significant lower than that in group B (P<0.05). 2) The contents of total protein, albumin, globulin and urea nitrogen, albumin/globulin, and the activities of alanine transaminase and aspartate transaminase in serum had no significant differences among three groups (P>0.05). 3) Compared with the group A, the money/gain increased by 13.47% in the group B (P>0.05), and decreased by 5.22% in the group C (P>0.05). It is concluded that the combination of 2.0% YE+2.0% DPS+2.0% fish meal has a best effect for improving the nursery piglets' growth performance and economic benefits, the combination of 1.5% SDPP+2.0% fish meal is the second, and the combination of 3.0% DPS+5.0% fish meal has a better effect.

Key words: protein sources; combination; nursery piglets; growth performance; serum biochemical indices